

**HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DIE SEITENLINIE DES JUNGHECHTES
UND DIE FRAGE IHRER PHYLOGENETISCHEN
BEDEUTUNG**

Jürgen Bader

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554607_0034

Aus dem Zoologisch - Parasitologischen Institut
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Komm. Vorstand : Prof. Dr. J. BOESSNECK
Unter der Anleitung von Prof.Dr. REICHENBACH-KLINKE

HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SEITENLINIE
DES JUNGHECHTES UND DIE FRAGE IHRER PHYLOGENETISCHEN
BEDEUTUNG.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktor-
würde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig -
Maximilians - Universität München

von

Jürgen Bader

aus

Bad Flinsberg

München 1974

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

Dekan : Prof. Dr. E. Dahme
Referent : Prof. Dr. H. - H. Reichenbach - Klinke
Korreferent : Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Tag der Promotion : 26. Juli 1974



A. EINLEITUNG

Beim ausgewachsenen Hecht (*ESOX LUCIUS L.*) beobachtet man neben den Öffnungen der Seitenlinie im Schuppenkleid, die bei Knochenfischen seitlich verläuft, noch weitere Öffnungen, die in einem mehr oder weniger großen Abstand von der eigentlichen Seitenlinie liegen.

Diese Tatsache führt zur Vermutung, daß der Hecht Nebenäste der Seitenlinie besitzt.

Wie aber entwickeln sich diese und wie treten sie in Funktion? Sind es Relikte früherer Seitenlinientypen mit allgemeiner Verästelung?

Diese Fragen sind bis jetzt ungeklärt.

Die Seitenlinie der wasserlebenden Wirbeltiere ist ein Organ, das speziell nur den Fischen und einer Reihe von Amphibien - hier den wasserlebenden Entwicklungsstadien - eigen ist.

Ansätze zu diesen Organen finden sich bereits bei den Vorläufern der Wirbeltiere, zu welchen wir das Neunauge rechnen müssen.

Bei einer Reihe dieser Tiergruppen findet sich eine Verzweigung dieses Organs beziehungsweise eine Vervielfachung.

Bei den Fischen stoßen wir zum Beispiel schon bei

den Knorpelfischen, so etwa beim Rochen, sowie sporadisch bei manchen Knochenfischen, wie dem Hecht, auf Verzweigungen des Seitenlinienorgans.

Es entsteht die Frage, ob diese Verästelung des Seitenliniensystems ein ursprüngliches Merkmal darstellt, dem möglicherweise genetische Bedeutung zukommt. Da der Hecht zusammen mit den lachsartigen Fischen an der Wurzel der Teleosteer steht, erschien es von besonderem Interesse, bei dieser Fischart der Frage nachzugehen, ob diese Verzweigung des Seitenliniensystems frühzeitig angelegt wird und ob es dabei im Laufe der ersten Entwicklungswochen zu einer Rückbildung kommt.

Es soll deswegen in der folgenden Arbeit versucht werden, die Morphologie der Seitenlinie des Hechtes in den ersten Lebenswochen zu verfolgen und eine Aussage zu machen, ob die Entwicklung beziehungsweise Rückbildung dieses Organs beim Hecht von phylogenetischer Bedeutung ist.

An dieser Stelle gebührt herzlicher Dank meinem verstorbenen, hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. H. LIEBMANN sowie gleichermaßen Herrn Professor Dr. H.H. REICHENBACH - KLINKE für die Überlassung dieses interessanten Themas, für die stets volle Unterstützung meiner Arbeit im Institut und in der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, sowie für das wohlwollende Interesse am Fortgang der Untersuchungen.

Ebenfalls herzlichen Dank sagen möchte ich Herrn Dr. M. BOHL, Leiter der Teichwirtschaftlichen Abteilung der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, sowie den Damen und Herren der Fischereibiologischen Abteilung des Institutes, die durch ihren Rat die Arbeit unterstützt haben.

Danken möchte ich auch Herrn Fischmeister Lidl in Tutzing, der stets bereitwillig Fischmaterial zur Verfügung stellte.

B. LITERATURÜBERSICHT

I. Grundlegende Arbeiten über Bau und Funktion der Seitenlinie der Fische.

a.) Anatomie

Die Seitenlinienorgane der Fische sind - wie bereits erwähnt - bei den Neunaugen (Petromyzontes) über den ganzen Körper verteilt. Bei den Knorpelfischen (Chondrichthyes) finden wir zum Teil reich verästelte Seitenlinien am Kopf wie am Rumpf, zum Teil noch weitgehend freiliegend. Erst innerhalb der Knochenfische (Osteichthyes) findet eine Entwicklung beziehungsweise Rückbildung zur Vereinfachung statt. Bei den Lungenfischen (Dipnoi) finden sich zum Teil drei Seitenlinien, zum Teil freie Organe. Bei primitiveren Teleosteen (Amia) treten oft jederseits zwei Seitenlinienorgane auf, bei anderen Teleosteen finden sich ganz freie Seitenlinienorgane (Cobitis) oder sie werden völlig vermisst (Ballistes).

Vorherrschend ist jedoch bei den Teleosteen das Auftreten einer einzigen Seitenlinie mit Verzweigungen in der Kopfregion. Während bei verschiedenen Cypriniden gelegentlich vielfache Bildungen und Verzweigungen der

Ebenfalls herzlichen Dank sagen möchte ich Herrn Dr. M. BOHL, Leiter der Teichwirtschaftlichen Abteilung der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt, sowie den Damen und Herren der Fischereibiologischen Abteilung des Institutes, die durch ihren Rat die Arbeit unterstützt haben.

Danken möchte ich auch Herrn Fischmeister Lidl in Tutzing, der stets bereitwillig Fischmaterial zur Verfügung stellte.

B. LITERATURÜBERSICHT

I. Grundlegende Arbeiten über Bau und Funktion der Seitenlinie der Fische.

a.) Anatomie

Die Seitenlinienorgane der Fische sind - wie bereits erwähnt - bei den Neunaugen (Petromyzontes) über den ganzen Körper verteilt. Bei den Knorpelfischen (Chondrichthyes) finden wir zum Teil reich verästelte Seitenlinien am Kopf wie am Rumpf, zum Teil noch weitgehend freiliegend. Erst innerhalb der Knochenfische (Osteichthyes) findet eine Entwicklung beziehungsweise Rückbildung zur Vereinfachung statt. Bei den Lungenfischen (Dipnoi) finden sich zum Teil drei Seitenlinien, zum Teil freie Organe. Bei primitiveren Teleosteen (Amia) treten oft jederseits zwei Seitenlinienorgane auf, bei anderen Teleosteen finden sich ganz freie Seitenlinienorgane (Cobitis) oder sie werden völlig vermisst (Ballistes).

Vorherrschend ist jedoch bei den Teleosteen das Auftreten einer einzigen Seitenlinie mit Verzweigungen in der Kopfregion. Während bei verschiedenen Cypriniden gelegentlich vielfache Bildungen und Verzweigungen der

Seitenlinie beobachtet werden (GEYER, 1940), sind beim Hecht die Vervielfachungen und Verzweigungen regelmäßig anzutreffen.

Hinsichtlich des Baues der Seitenlinie als eines der wichtigsten Sinnesorgane der Fische kann auf entsprechende Literatur verwiesen werden (BÜTSCHLI, 1921, HARDER , 1964 und FLOCK , 1971).

In ihr wird auch auf die Einzelheiten des Organs, das aus Sinnesknospen besteht, hingewiesen. Es handelt sich bekanntlich um eine Reihe von Sinneszellen, die in einem Kanal unter der Haut liegen. Diese Sinnesknospen werden vom Ramus lateralis des Nervus vagus versorgt.

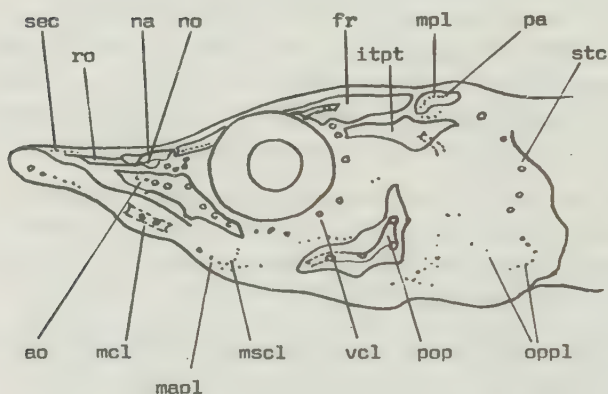
Als einfachste Ausbildung des Organsystems finden wir freie Sinneszellen, sodann die Seitenlinie als offene Rinne und schließlich die teilweise knöcherne Einbettung in ein Kanalsystem.

Bei der Beschreibung des Verlaufs der Seitenlinie können wir grob eine Kopfseitenlinie und eine Rumpfseitenlinie unterscheiden.

A) Die Kopfseitenlinie hat in der Regel eine verzweigte Anordnung mit einer Reihe von Nebenästen (s. Skizze Nr. 1). Der Ramus supraorbitalis fließt mit dem Ramus infraorbitalis zu einem Ring zusammen, der das Auge umschließt. Ein Ramus maxillaris und ein Ramus mandibularis überziehen den Ober- und Unterkiefer, der Ramus dorsalis verbindet über den Scheitel hinweg die beiden Kopfseiten miteinander. Alle diese Zweige treffen sich in der Otical-region, wo sie auch mit dem Ramus lateralis des Rumpfes in Verbindung stehen. Es können viele sekundäre Äste und

Anastomosen ausgebildet sein, der Grundplan ist aber immer - wie oben angedeutet - ausgebildet.

Skizze 1 : *Esox lucius*, 32 mm, Seitenansicht des Schädels.
(Nach PEHRSON, 1944)



Erklärung zu Skizze 1 :

ao - antorbital	na - nasal
fr - frontal	no - nasal opening
itpt - intertemporo- pterotic	oppl - opercular line of pits
mapl - mandibular pit line	pa - parietal
mcl - mandibular canal	pop - preopercular
mpl - middle head line of pits	ro - rostral
mscl - sensory line connection between mandibular and preopercular lines	sec - supraethmoidal com- missure sense organs
	stc - supratemporal com- missure
	vcl - vertical cheek line of pits

Da der Hechtkopf (*Esox lucius*) nur mit einem dünnen Integument überzogen ist, sind die Seitenlinienkanäle meist tief in die Hautknochen des Schädels eingegraben.

B) Die Rumpfseitenlinie erstreckt sich nach POPOVICI (1930) und SUWOROW (1959) bei manchen Fischen in gerader Linie zwischen Kopf und Schwanz. Der Verlauf der Seitenlinie ist jedoch sehr unterschiedlich. Bei einigen Fischarten beschränkt sich die Seitenlinie auf nur einige Schuppen.

Die Seitenlinienkanalentwicklung beschreibt DYKGRAAF (1952) als das Einsinken der Sinnesbügel in die Haut. (s. Skizze Nr. 2).

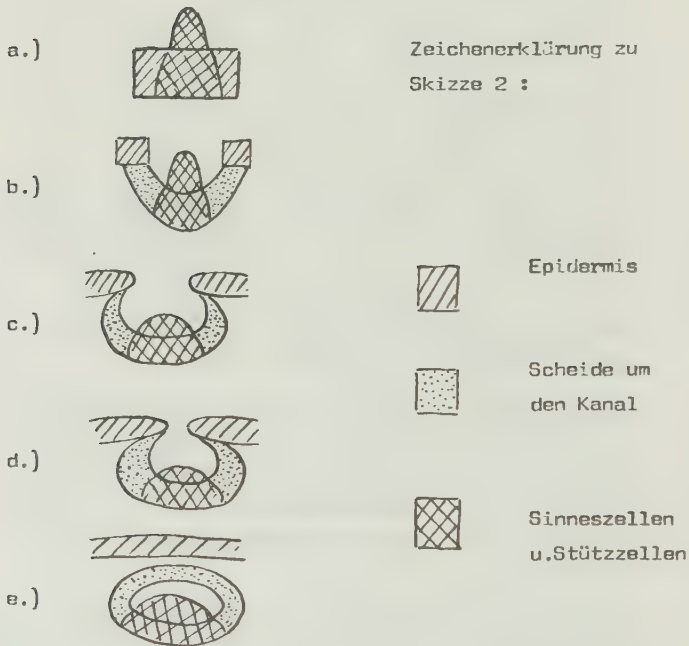
Vielfach wurde die Seitenlinie in ihrem Verlauf beschrieben, wenn sie von der Norm abwich:

GEYER (1940) untersuchte Seitenlinienanomalien besonders bei Cypriniden und brachte hiermit vor allem die unregelmäßige Anordnung der nervösen Elemente des Seitenorgans für diese Abweichungen in Zusammenhang. Er stellte fest, daß bestimmte Abweichtungstypen immer wiederkehren.

WUNDER und CAPELLER (1952) beschrieben verschiedene Ausbildungen der Seitenlinie in der Rumpfgegend beim Karpfen und ihre Beziehungen zur Ausbildung der Wirbelsäule.

Der Bau der Seitenlinienorgane der meisten Fische ist gut erforscht. Es findet sich jedoch nirgends eine Untersuchung darüber, wie die Seitenlinie und ihre Abzweigung beim Junghecht verlaufen.

Skizze 2 : Entwicklung des Seitenlinienkanales
(schematisch, nach DYKGRAAF, 1952)



Zu Skizze Nr. 2 :

Die Epidermis (schraffiert) schiebt sich von allen
Seiten über die Sinneshügel, und die Corium-Schicht
bildet sich in diesem Bereich zu einer Kanalscheide
um (gepunktet).

Diese so gebildete Röhre wird im Laufe der Entwicklung je nach Lage von der Haut oder auch dem Knochenmaterial überwachsen.

b.) Physiologie

Die völlige Klärung der Funktion der Seitenlinie fällt erst in den Beginn dieses Jahrhunderts.

HOFFER (1908) gelang beim Hecht der exakte Nachweis, daß es sich bei der Seitenlinie um ein Sinnesorgan handelt, durch welches der Fisch imstande ist, Wasserströmungen und schwache Erschütterungen des Wassers wahrzunehmen.

Noch 1872 war man der Meinung, daß es sich bei der Seitenlinie um Behältnisse der Schleimmaterie handle, womit der Fisch überzogen sei (HARTMANN, 1827).

LEYDIG berichtet 1850 in einer Arbeit " Über die Schleimkanäle der Knochenfische", daß die Seitenlinie dazu diene, die Hautoberfläche der Fische schlüpfrig zu erhalten (LEYDIG, 1850).

Auch die Innervation der Seitenlinie wurde in dieser Arbeit LEYDIG'S untersucht und er kam zu dem Schluß, daß die Nerven vom Trigeminus und vom Vagus und zwar vom Ramus frontalis und buccalis trigemini sowie vom Ramus dorsalis und superficialis nervi lateralis vagi kämen.

Bereits einen Schritt weiter ging SCHULZE (1870), indem er die Seitenlinie als ein speziell für den Wasser-aufenthalt eingerichtetes Sinnesorgan ansprach. Dieses Organ sei zur Wahrnehmung von Außenbewegungen des Wassers gegen den Fischkörper geeignet. Die Seitenlinie registrierte auch fortgeleitete Stoßwellen mit längerer Schwingungsdauer als solche Wellen, die dem Gehörorgan zugeordnet werden.

LEE (1898) beobachtete, daß sich Fische, wenn ihnen die Brust- und Bauchflossen weggeschnitten werden, noch mit völliger Sicherheit im Wasser bewegen, sobald ihnen aber die Organe der Seitenlinie durch Elektrokauterisation zerstört werden, dazu nicht mehr imstande sind. Sie führen vielmehr beim Vorwärtsschwimmen seitliche Schwankungen des Körpers aus und auch nach künstlicher Drehung auf die Seite oder den Rücken verharren sie ruhig in dieser unphysiologischen Lage.

Daß nicht die Schwere des operativen Eingriffes und allgemeine Schwächung diese Störungen verursachen, wurde durch das Ausbleiben solcher Bewegungseinschränkungen nach Ausbrennen gleich großer Hautstellen unter Schonung der Seitenlinie bewiesen.

Ferner konnte LEE (1898) bei Reizung des zentralen Stumpfes des Lateralnerven die gleichen bestimmten Flossenbewegungen beobachten, wie sie in seinen Versuchen bei Reizung des achten Hirnnerven, also des Nervus statoacusticus, eingetreten waren. Aus diesen Erscheinungen schloß LEE (1898), daß die von den Organen der Seitenlinie nach dem Zentrum übermittelten Sinneserregungen zur Regulation des Körpergleichgewichtes bei den Fischen beitragen.

Arbeiten, die sich ebenfalls mit der Innervation der Seitenlinie befassen, stammen von WOELLWARTH (1933) und DYKGRAAF (1947). Sie gehen in ihren Versuchen, bei denen sie Elritzen und zum Teil auch Hechte verwendeten, besonders auf die Beziehungen ein, die Zwischen der Seitenlinieninnervation und dem Nervensystem generell bestehen.

Auch K.v. FRISCH und STETTER (1932) zeigen in ihrer Arbeit über den Gehörsinn bei Elritzen bezüglich der Innervation dieses Organes einige Beziehungen zur Seitenlinieninnervation auf.

Erst HOFER (1908) und DYKGRAAF (1933) erkannten als erste die wirkliche Funktion der Seitenlinie.

Sie arbeiteten dabei mit Hechten, die aufgrund ihrer ruhigen Körperhaltung und ihrer " Rückenflossenreaktionsstellung " (Spreizen der 5 - 6 Strahlen am hinteren und unteren Rand der Rückenflosse bei Erregung) besonders geeignet sind. Bei den Versuchen arbeitete HOFER (1908) auch mit Hechten, deren Cornea getrübt war, deren Seitenlinieninnervation jedoch intakt belassen wurde. So behandelte Hechte konnten jederzeit Beutefische fangen.

Er klärte auch die Frage des allseits angreifenden Druckes und dessen Veränderung bei verschiedenen Wassertiefen, der von der Seitenlinie wahrgenommen werden soll, indem er das Versuchsbecken, in welchem er seine Hechte hielt, einem verminderten, wie einem erhöhten Druck aussetzte. Dabei blieb jedoch die Rückenflossenreaktionsstellung aus, - die Fische wurden nur infolge der Ausdehnung der Schwimmblase langsam an die Wasseroberfläche gehoben.

HOFFER'S (1908) Schlußfolgerung lautete :

- I. Der adäquate Reiz auf die Seitenorgane der Fische wird durch strömende Bewegung des Wassers gegen den Fischkörper ausgelöst. Zum experimentellen Nachweis der entsprechenden Reaktion des Fisches dürfen nur so schwache Ströme zur Anwendung kommen, daß dadurch das Labyrinth nicht mit in Erregung versetzt wird.
- II. Die Seitenorgane werden nicht durch Berührung mit festen Körpern in Erregung versetzt, sie gehören nicht in die Kategorie der Tastorgane. Feste Körper werden dagegen bei der Annäherung der Fische vermittle reflektierter Ströme durch die Seitenorgane »von ferne gefühlt«.

Die neuesten Erkenntnisse im Hinblick auf Funktion und Aufbau der Seitenlinie finden sich in der Zusammenfassung von A. FLOCK (1972). Sie beziehen sich allerdings nicht auf den Hecht, sondern vornehmlich auf Amphibien.

Da wir beim Hecht neben der Hauptseitenlinie eine Anzahl von " Nebenseitenlinien " und Abzweigungen vorfinden, wurde schon früh die Vermutung geäußert, daß der Hecht ein besonders fein ausgebildetes Wahrnehmungsvermögen für Strömungsänderungen und Bewegungen im Wasser besitzen müsse (WALTER, 1921).

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die Seitenlinie der Fische einen Ferntastsinn darstellt, der das Zusammenhalten des Schwarmes gewährleistet. Bei einzeln lebenden Fischen, wie dem Hecht, spielt sie im Zusammenwirken mit den übrigen Organen (Auge, Gehör) eine hervorragende Rolle beim Auffinden der Beute.

II. Spezielle Literatur über die Seitenlinie des Hechtes.

Besonders für die Verzweigung der Seitenlinie am Hechtkopf begann man sich schon früh zu interessieren. SOLGER (1878) untersuchte die Kopfseitenlinie am enthäuteten Hechtschädel.

Nach LEYDIG (1850) sind beim Hechtkopf ebensoviele Öffnungen des Seitenlinienkanales nach außen vorhanden, wie es Endorgane des Nervensystemes gibt.

ALLIS (1905) untersuchte ebenfalls das Kanalsystem des Hechtschädels. Dieser Arbeit können wir entnehmen, daß neben dem Supraorbital-, Infraorbital-, Mandibular- und Operkularsystem auch der Supratemporalkanal beim erwachsenen Hecht als teilweise knöcherner Kanal entwickelt ist.

PEHRSON (1944) stellte seine Untersuchungen an etwa 4 cm langen Hechten an. Er kam dabei zu dem Ergebnis, daß der Hecht Übergangsformen in der Entwicklung des Systems aus dem freien, rinnenförmigen Organ bis zum eigentlichen Kanalsystem besitzt, weshalb wir beim Hecht beinahe alle uns bis heute bekannten Seitenlinienausbildungen vorfinden. PEHRSON (1944) schreibt: " In very young specimens chiefly those organs are developed, which later will be situated in bones or generally connected with bones, but later stages a number of smaller organs arise."

Über den genauen Verlauf der Seitenlinie in der Rumpfgegend des Hechtes existieren bis heute nur ungenaue Angaben. KRAUSE (1923) beschreibt die Seitenlinie des Hechtes : " Die Seitenlinie verläuft in der Schwanzgegend ungefähr in der Mitte der Seitenfläche des Körpers, wendet sich immer weiter dorsalwärts und gelangt schließlich zum dorsalen Rand des Operculums." Sie sei diskontinuierlich und bestehe aus neben- und hintereinander angeordneten, kurzen, flachen Rinnen, welche die Schuppen teils einbuchten, teils durchsetzen.

Auf diese Seitenlinienabzweigungen geht genauer auch HEUSCHMANN (1957) ein und schreibt, daß die Seitenlinie des Hechtes insofern Eigentümlichkeiten zeige, als sie mehrfach unterbrochen sei und oberhalb wie unterhalb der Hauptlinie noch kürzere, akzessorische Seitenlinien vorhanden sein können.

SOLGER (1878, a) berichtet über eine Seitenlinienbesonderheit beim Hecht. Er meint, daß dieses Organ in einfachen, der Längsachse des Tieres fast immer parallelen etwa 6 - 14 Längsreihen angeordnet seien und gleichsam akzessorische, rudimentäre Seitenlinien darstellen.

Stets griffen die vorgenannten Autoren bei der Beurteilung des Seitenlinienkanales auf die Durchbohrung der Schuppen durch diesen Kanal zurück. Beim Hecht bildet der Seitenlinienverbindungskanal an die Hautoberfläche in den Schuppen eine Einbuchtung.

Die Beurteilung des Seitenlinienverlaufes anhand der unterschiedlich ausgebildeten Schuppen ist nur bei voller Ausbildung der Schuppen gewährleistet.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN.

I. Definition der Seitenlinie und ihrer Nebenäste.

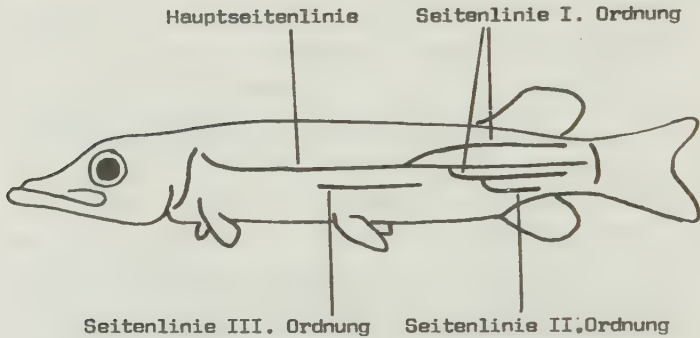
Wie schon erwähnt, existieren beim Hecht neben der Hauptseitenlinie, die stets vom dorsalen Rand des Operculums bis zur Mitte der Schwanzwurzel verläuft, eine Reihe von Seitenlinien, die ihren Ursprung aus dieser Hauptseitenlinie nehmen. Andere Seitenlinien stehen in keinem morphologischen Zusammenhang mit der Hauptseitenlinie.

Um zwischen diesen Seitenlinien eine Unterscheidung treffen zu können, nahm ich folgende Seitenlinien-Einteilung vor: (s. Skizze Nr. 3).

Erklärung zu Skizze 3 :

Als Hauptseitenlinie wurde jene Seitenlinie bezeichnet, die stets zuerst zur Ausbildung kommt, und die regelmäßig ihren Verlauf vom dorsalen Rand des Operculums bis zur Mitte der Schwanzwurzel im oberen Drittel der Körperseitenfläche nimmt.

Skizze Nr. 3 : Schematische Darstellung der Seitenlinieneinteilung.



Abzweigungen von der Hauptseitenlinie wurden als Seitenlinie I. Ordnung, Abzweigungen von dieser als Seitenlinien II. Ordnung bezeichnet.

Abzweigungen von Seitenlinien II. Ordnung wurden nicht beobachtet.

Seitenlinien, die in keinem morphologischen Zusammenhang weder mit der Hauptseitenlinie noch mit einer Seitenlinie I. oder II. Ordnung standen, wurden als Seitenlinien III. Ordnung bezeichnet.

II. Material

Es wurden Hechte (*ESOX LUCIUS L.*) vom Zeitpunkt des Schlupfes bis zu einem Alter von 10 Wochen benötigt.

Das Hechtmaterial stammte vom Würmsee und wurde dort in der Brutanstalt der Fischereigenossenschaft Würmsee vom Schlupf bis zum Alter von 4 Wochen gehalten.

Schlupfdatum war der 13. April 1972, - am 17. Mai 1972 wurden die inzwischen schwimmfähigen Hechtchen in den Würmsee ausgesetzt.

Von diesem Tag an zog ich etwa 200 Hechte in Aquarien bis zu einem Alter von 12 Wochen heran (LILLELUND, 1956 und SCHINDLER, 1946). Bis zu einer Länge von etwa 2 cm, die nach 40 Tagen erreicht war, genügte Plankton als Nahrung. Da ab diesem Zeitpunkt vermehrt Kannibalismus zu beobachten war, ging ich auf Fütterung mit Forellenbrut und ab 7 Wochen Lebensalter auf Fütterung mit Karpfenbrut über (LINDROTH, 1946).

Diese Aufzucht wurde mit einem Alter von 12 Wochen beendet.

Zum Zwecke der späteren histologischen Schnitte wurden zunächst wöchentlich, später dann in größeren Abständen Hechte entnommen.

Bis zu einem Alter von 3 Wochen wurden die Hechte alleine durch Herausnahme aus dem Versuchsbecken getötet, ab diesem Alter mußten sie durch ein Ätherbad betäubt und anschließend durch einen Schlag auf den Kopf getötet werden.

Danach wurden alle Hechte in Formalin von 3,7 % aufbewahrt.

III. Technik der histologischen Präparateherstellung.

Ziel dieses Abschnittes der Arbeit war es, anhand von Hechtquerschnitten die in der Haut und teilweise auf der Oberfläche der Haut gelegenen Formationen der Seitenlinie darzustellen.

Von den vielen Möglichkeiten, histologische Schnitte herzustellen, erwies sich die Methode der Einbettung in Paraffin als die zweckmäßigste (ROMEIS, 1968 und GRAU, WALTER, 1967).

Obschon sich Fischhaut bekanntermaßen sehr schlecht histologisch schneiden läßt, waren dennoch brauchbare Ergebnisse dadurch zu erzielen, daß die Zeiten für Fixation und Entwässerung geringgradig überschritten wurden.

Als Fixierungsflüssigkeit wurde eine Modifikation der BOUIN'SCHEN Flüssigkeit nach HOLLANDE gewählt. Diese Fixierungsmöglichkeit ist besonders für Embryonen geeignet, da das Pikrinsäure - Formol - Eisessig Gemisch rasch eindringt und eine gute Färbbarkeit gewährleistet. Außerdem muß bei Nachbehandlung mit Alkohol nur mit einer Schrumpfung von etwa 10 %, nach Paraffineinbettung in toto nur etwa mit 20 % Schrumpfung gerechnet werden.

Durch den Zusatz von neutralem, essigsaurem Kupfer erhält man eine erhöhte Konzentration von Pikrinsäure.

Die haltbare Lösung wird hergestellt, indem man 2,5 g neutrales Kupferacetat in 100 ml dest. Wasser gibt. Diesem Gemisch wird 4 g Pikrinsäure zugefügt. Die Lösung wird filtriert und zum Filtrat wird 10 ml Formol und 1 ml Eisessig gegeben.

Die Fixierungsdauer richtet sich nach der Größe der Präparate, sie betrug in der Regel 3 - 5 Tage.

Die Fixierungsflüssigkeit wurde 48 Stunden in ständig gewechseltem destilliertem Wasser ausgewaschen.

Nach der stufenweisen Entwässerung erfolgte die Paraffineinbettung durch eine aufsteigende Alkoholreihe über Methylbenzoat, Benzol und Benzolparaffin.

Die ersten drei Untersuchungsstadien der Hechte bis zu einem Alter von 27 Tagen wurden in Serie mit einer Schnittdicke von 10 μm geschnitten und mit Wasser auf Objektträger geklebt. Bei den restlichen drei Untersuchungsstadien wurde mit einer Schnittdicke von 20 μm gearbeitet.

Die Objektträger kamen 12 Stunden in einen Wärmeschrank.

Die Entparaffinierung erfolgte nach folgendem Schema: Xylol: 2 - 5 Minuten, absoluter Alkohol: 2 - 5 Minuten, dann jeweils 2 Minuten in 96 %, 80 % und 60 % Alkohol. Zuletzt kam das Präparat in Aqua dest.

An den Schnitten wurde sowohl die Trichrom - Färbung wie auch die Färbung mit Hämatoxylin - Eosin vorgenommen. Die Trichromfärbung erwies sich für die Herstellung von Serienschnitten als zu aufwendig.

Die Hämatoxylin - Eosin Färbung wurde nach folgendem Schema vorgenommen: Hämatoxylin: 5 Minuten - kurzes Eintauchen in Wasser - Eosin: 3 Minuten - kurzes Eintauchen in Aqua dest. - je 2 Minuten 70 %, 80 %, 96 % Alkohol und schließlich 10 Minuten Xylol.

Die Präparate wurden unter Zuhilfenahme von Caedax^R mit einem Deckglas versehen. Auch ein Deckglasersatzmittel, der Spray Merckoglas^R kam zur Anwendung.

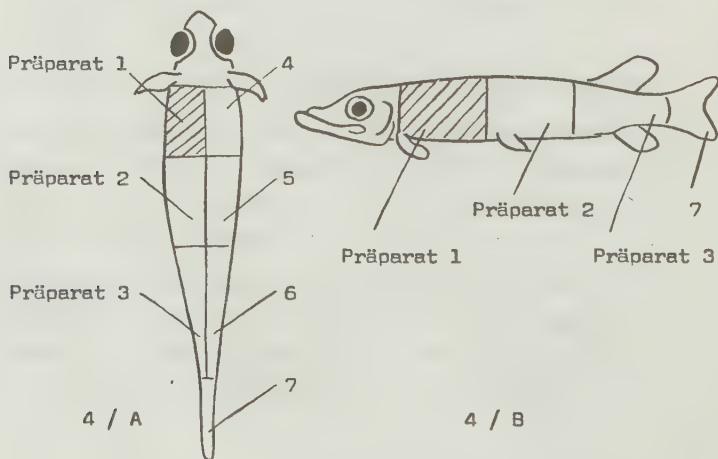
Abschließend kamen die Präparate nochmals für etwa 12 Stunden in einen Wärmeschrank und waren dann zum Mikroskopieren geeignet.

IV. Materialübersicht.

Es wurden von 6 Wachstumsstadien Querschnitte in Serie hergestellt, - insgesamt annähernd 5100 Einzelschnitte. Bei der sich laufend ändernden Größe entfielen so zum Beispiel auf das Stadium 1 - Alter 3 Tage, bei dem der Hecht eine Gesamtlänge von nur 3 mm aufwies, nur etwa 150 Schnitte, während alleine auf das letzte Stadium - Alter 80 Tage - etwa 2500 Schnitte fielen.

Die große Anzahl der Schnitte im Stadium 6 erklärt sich aus der Größe des Hechtes. Dieser konnte nicht mehr in toto geschnitten werden - es mußten einzelne Teile des gesamten Hechtes getrennt fixiert werden. Dabei ging ich nach folgendem Schema vor: (s.Skizze 4)

Skizze Nr.4 : Schema der Zusammensetzung von Teilpräparaten.



Erklärung zu Skizze Nr. 4 :

In Skizze 4 / A ist ein Hecht in der Aufsicht, in Skizze 4 / B von der Seite dargestellt. Aus den Präparaten 1 - 3 und linke Seite Schwanzpräparat Nr. 7 ergibt sich so die linke Seitenlinie, aus den Präparaten 4 - 6 und rechte Seite des Schwanzpräparates Nr. 7 die rechte Seitenlinie.

Es wurden auch etwa 500 Längsschnitte von den ersten 3 Wachstumsstadien hergestellt, um die Verbindungs-
röhren der subcutan gelegenen Seitenlinie zur Haut-
oberfläche darzustellen.

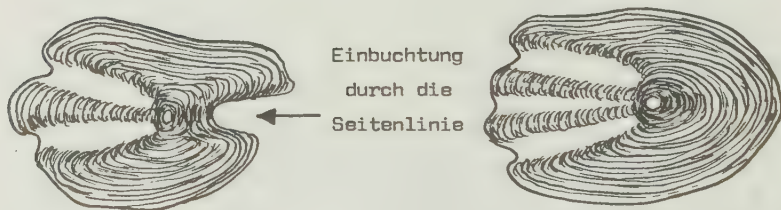
Diese Schnitte erwiesen sich jedoch für die Festlegung des Verlaufs der Seitenlinie als unbrauchbar, da diese Verbindungskanäle zu einem Zeitpunkt zur Ausbildung kommen, der für diese Arbeit nicht von Bedeutung war.

V. Methode der Ausmessung der Seitenlinien.

Schon makroskopisch läßt sich die Seitenlinie beim erwachsenen Hecht anhand der Schuppen erkennen, die vom Verbindungskanal der Seitenlinie an die Hautoberfläche in typischer Weise eingekerbt werden.

(s. Skizze Nr. 5)

Skizze Nr. 5 : Schuppen eines Hechtes (etwa 10-fache Vergr.)



a.) aus der Seitenlinie

b.) gewöhnliche Schuppe

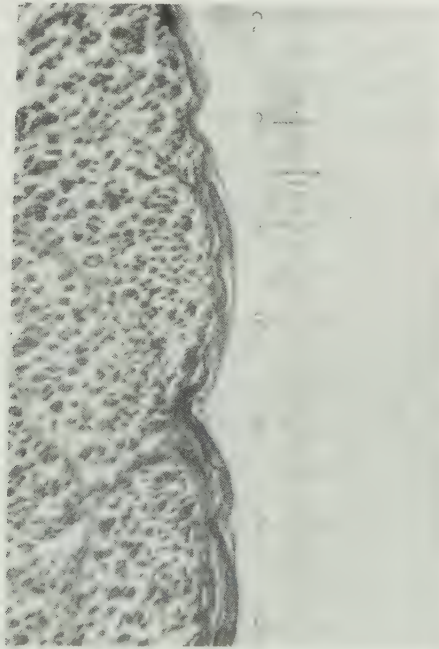
So konnte schon früh der Verlauf der Hauptseitenlinie beim Hecht an erwachsenen Exemplaren erforscht werden.

Die Schwierigkeit bei meinen Untersuchungen bestand jedoch darin, daß sich Schuppen beim Hecht etwa erst ab der 6. Lebenswoche dergestalt ausbilden, daß anhand ihrer typischen Einbuchtung der Verlauf der Seitenlinie rekonstruiert werden kann.

Um den Verlauf sämtlicher Seitenlinien festzulegen, mußte ich ein Maßsystem verwenden.

Bei der Ausmessung der Seitenlinienpunkte auf allen Hechtquerschnitten arbeitete ich mit einem Meßokular (s. Abbildung 1).

Abbildung 1 : Hechtquerschnitt mit Meßokular.



Erklärung zu Abb. 1 : In Höhe der Zahl 6 befindet sich auf dieser Photographie des Ausschnittes aus einem Hechtquerschnitt die Hauptseitenlinie. In Höhe der Zahl 3 kann man dorsal der Hauptseitenlinie, in Punkt 7 ventral von ihr je eine Seitenlinie I. Ordnung erkennen.

Im Abstand von $10\mu\text{m}$, also im Abstand des folgenden Querschnittes erfolgte ein erneutes Ausmessen und damit die Festlegung weiterer Seitenlinienschnittpunkte.

Diese Punkte wurden auf eine Skizze in entsprechender Vergrößerung übertragen. Die Verbindung der einzelnen Seitenlinienschnittpunkte ergab so den Verlauf der Seitenlinien.

In den folgenden Skizzen soll der Verlauf der Seitenlinien genauer dargestellt werden. Dabei wird in der Reihenfolge : Stadium 1 - 6 (jeweils mit entsprechender Zeitangabe) vorgegangen.

VI. Verlauf und Aufbau der Seitenlinien.

a) Rumpfabschnitt

Stadium 1 (Alter : 3 Tage)

Am 13. April 1972 schlüpften in der Brutanstalt der Fischereigenossenschaft Würmsee in Tutzing die ersten Hechte.

Drei Tage später, am 16. April 1972 nahm ich die ersten Proben. (s. Abbildung 2).

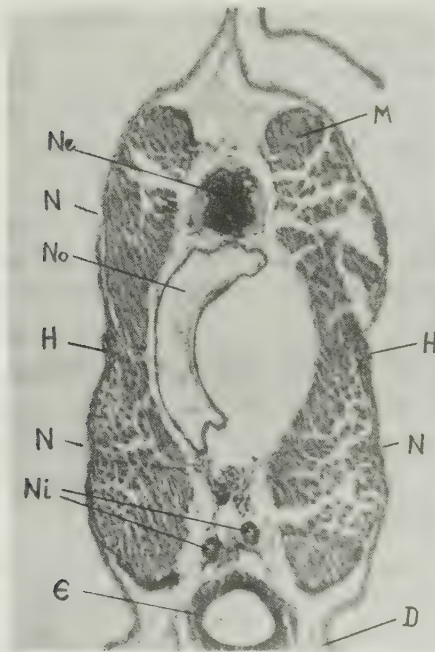
In diesem Stadium haftet der Junghecht mit seinem Maul, das eine Saugvorrichtung besitzt, an Wasserpflanzen.

Der Hecht lebt in diesem Stadium von den Nährstoffen des Dottersackes. Eine " Seitenlinie " ist noch nicht entwickelt.

Lediglich im Bereich des Myoseptum horizontale ist eine leichte Einbuchtung feststellbar, in welcher die spätere Hauptseitenlinie ihren Verlauf nimmt.

Deutlich ist in Abb. 2 das Neuralrohr und das Notochord zu erkennen (vergl. REICHENBACH - KLINKE, 1970). Ventral des Darmes schließt sich, - auf der Aufnahme nur angedeutet - der Dottersack an.

Abbildung Nr. 2 : Hechtquerschnitt - Stadium 1 (Alter :
3 Tage, ohne Dottersack)
Schnittebene : in der Körpermitte.
125 - fache Vergr.



Erklärung zu Abb. 2 :

- | | |
|--|------------------------------|
| D = oberer Rand des restlichen Dottersackes | M = Muskulatur |
| E = Darm | N = Seitenlinie - I. Ordnung |
| H = Hauptseitenlinie nur als Einbuchtung im Myoseptum horizontale angedeutet | Ne = Neuralrohr |
| | Ni = Nieren |
| | No = Notochord |

Stadium 2 (Alter : 13 Tage)

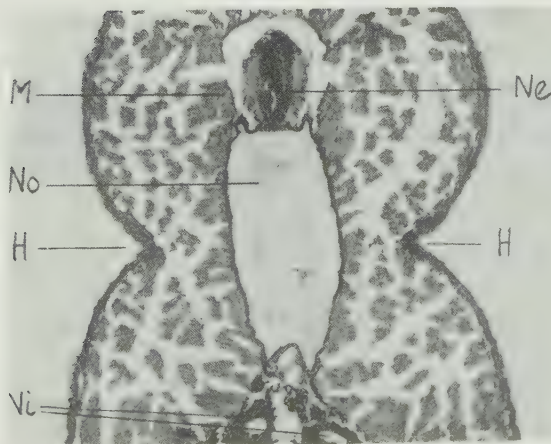
Am 26.4.1972 wurde das nächste Wachstumsstadium untersucht. Auch in diesem Stadium besitzt der Junghecht einen Dottersack und ist noch nicht schwimmfähig. Seine Länge - einschl. Schwanz - beträgt etwa 10 mm.

Deutlich aber ist die Einbuchtung im Myoseptum horizontale zu erkennen. (s. Abb. Nr. 3)

Aufgrund dieser deutlichen Einschnürung kann der Verlauf der Hauptseitenlinie in diesem Stadium festgelegt werden. (s. Skizze Nr. 6).

Bei der Seitenlinie handelt es sich in dieser Entwicklungsstufe um ein noch nicht voll ausgebildetes Organ, das heißt um eine offene Rinne. Sie verläuft vom Rand des Kiemendeckels bis an die Schwanzwurzel.

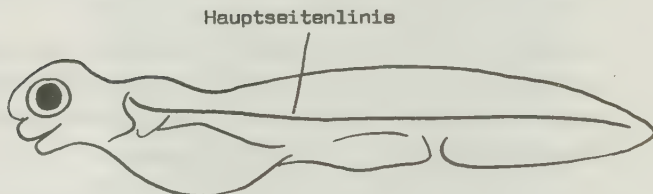
Abb. Nr. 3 : Ausschnitt aus einem Hechtquerschnitt -
Stadium 2 - (Alter : 13 Tage)
Schnittebene : in der Körpermitte.
etwa 125 - fache Vergr.



Erklärung zu Abb. 3 :

H = Hauptseitenlinie - als	Ne = Neuralrohr
deutliche Einbuchtung	Ni = Nieren
ausgebildet	No = Notochord
M = Muskulatur	

Skizze Nr. 6 : Verlauf der Hauptseitenlinie - Stadium 2 -
(Alter : 13 Tage)



re. und li. Seite in diesem Stadium gleichwertig.

Über die SeitenliniENAusbildung im Schwanzteil des Fisches wird später berichtet.

Sowohl dorsal als auch ventral dieser Hauptseitenlinie zeichnen sich morphologisch noch keine Seitenlinien I., II., oder III. Ordnung ab.

Stadium 3 (Alter : 27 Tage)

27 Tage nach dem Schlüpfen wurde das nächste Stadium am 10. Mai 1972 untersucht.

Dieses Stadium unterschied sich von den vorherigen beiden Stadium schon wesentlich dadurch, daß die Junghechte bereits schwimmfähig waren und Planktonnahrung zu sich nahmen.

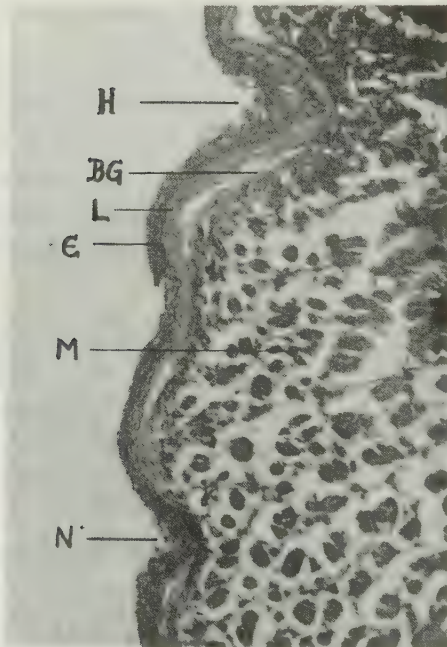
Die Länge der Fische betrug in diesem Alter im Durchschnitt 14 mm.

In diesem Stadium waren neben der Hauptseitenlinie auch Seitenlinien I. Ordnung, die sich durch Vertiefungen in der Haut manifestierten, in Ausbildung zu erkennen (s. Abb. Nr. 4).

Deutlich ist auf dem Ausschnitt eines Hechtquerschnittes die tief eingezogene Hauptseitenlinie und ventral davon eine Seitenlinie I. Ordnung in der Entwicklungsstufe eines rinnenförmigen Organs zu erkennen.

Neben der Hauptseitenlinie, die sich vom Kiemendeckel bis zur Schwanzwurzel erstreckt, ist hier auch noch beidseitig eine Seitenlinie I. Ordnung ventral der Hauptseitenlinie zu erkennen. (s. Skizze Nr. 7).

Abb. 4 : Ausschnitt aus einem Querschnitt des Stadium
Nr. 3 (Alter : 27 Tage)
Schnittebene : in Höhe der Bauchflosse.
etwa 125 - fache Vergr.



Erklärung zu Abb. 4 :

BG = Bindegewebe

L = Lederhaut

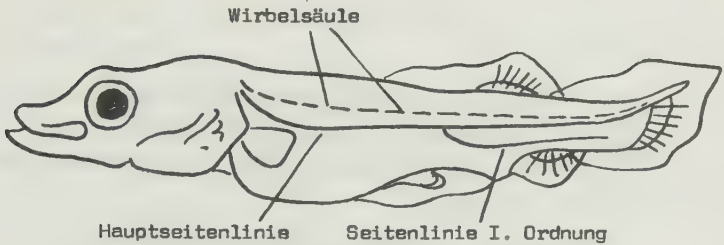
E = Epithelzellen (kubisch)

M = Muskulatur

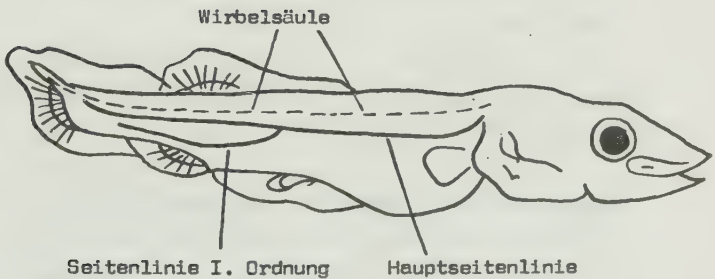
H = Hauptseitenlinie

N = Seitenlinie I. Ordnung

Skizze Nr. 7 : Seitenlinie - Stadium Nr. 3 (Alter : 27 Tage)



A.) linke Seite



B.) rechte Seite

Die Hauptseitenlinie stellt nun bereits eine tief eingeschnürte Furche dar, während die Seitenlinien I. Ordnung eine einfache Rinne bilden, also ein wahrscheinlich phylogenetisch älteres Stadium darstellen.

Stadium 4 (Alter : 40 Tage)

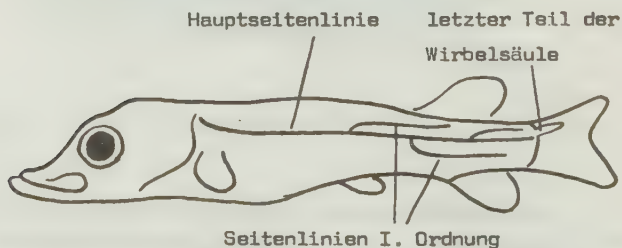
Die Proben zur Untersuchung dieses Stadiums wurden am 23. Mai 1972 fixiert. Ihre Länge betrug 19 mm und es wurden von diesem Stadium 520 Schnitte mit einer Dicke von 10 μm angelegt.

In diesem Stadium zeigte die Haut bereits deutlich die Anbildung von Schuppen und dementsprechend eine klare Ausbildung der Seitenlinie – so beispielsweise ein fast ganz geschlossenes Rohr bei der Hauptseitenlinie.

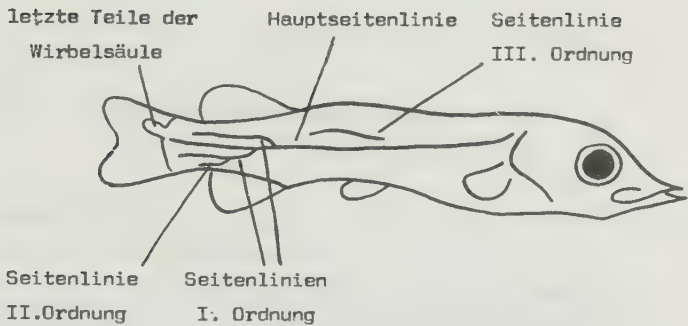
Auch die Seitenlinien I. Ordnung zeigten schon Abzweigungen.

Die Verzweigungen I., II., und III. Ordnung stellten sich in diesem Stadium folgendermaßen dar: (s. Skizze Nr. 8).

Skizze Nr. 8 : Seitenlinien – Stadium 4 (Alter : 40 Tage)



A) linke Seite



B) rechte Seite

Schon hier zeigt sich, daß die Verzweigung der Seitenlinie vor allem caudal der Bauchflossen besonders ausgebildet ist.

Bei der allmählichen Entwicklung des röhrenförmigen Organs ist dabei die Hauptseitenlinie mit ihrer "Verlängerung" in den Schwanzteil des Fisches fast völlig ausgebildet.

Die im Laufe der Entwicklung sich neu bildenden Seitenlinienäste stehen dabei immer eine Entwicklungsstufe hinter den bereits gebildeten Seitenlinien zurück.

Die Entwicklung der Seitenlinie der Altersstadien 1 - 4 lassen erkennen, daß stets ursprünglich eine offene Rinne gebildet wird, ehe diese sich schließt.

Stadium 5 (Alter : 64 Tage)

Am 16. Juni 1972 wurden genau 2 Monate alte Hechte fixiert und quer mit einer Schnittdicke von $20\text{ }\mu\text{m}$ präpariert.

In diesem Stadium war der Fisch bereits in der gestreckten Form eines Hechtes zu erkennen. Ebenso hatte sich das Maul zu dem typischen entenschnabelähnlichen Aussehen ausgebildet. Der Hecht war schon imstande, Forellenbrut zu erbeuten.

In diesem Stadium war das Seitenlinienorgan in der Hauptseitenlinie bereits zu einem Rohr ausgebildet. (s. Abb. Nr. 5).

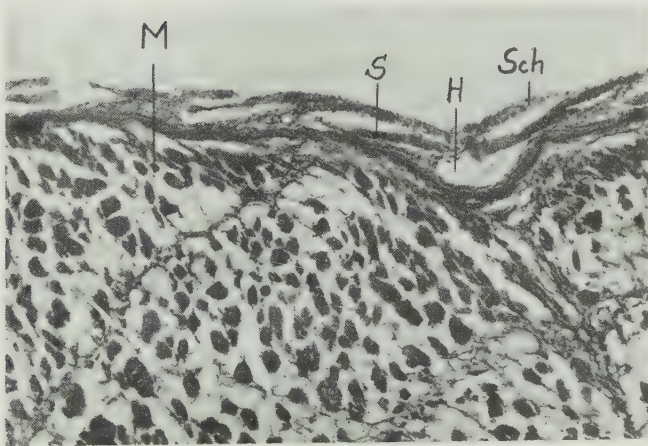
Der Verlauf der Seitenlinien ist der Skizze Nr. 9 zu entnehmen.

Auch Seitenlinien II. Ordnung vor allem im Bereich ventral der Hauptseitenlinie sind erkennbar.

Deutlich sind Schuppen in der Haut ausgebildet.

Erstmals ist in diesem Stadium auch eine Seitenlinie III. Ordnung zu sehen, die dorsal der Hauptseitenlinie weiter cranial als die Bauchflossen reicht.

Abb. 5 : Ausschnitt aus einem Querschnitt des
Stadium Nr. 5 in Höhe der Bauchflossen.



Erklärung zu Abb. 5 :

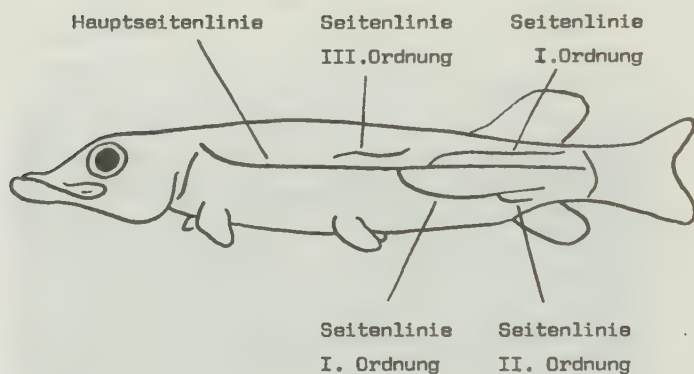
H = Hauptseitenlinie

S = Schuppen

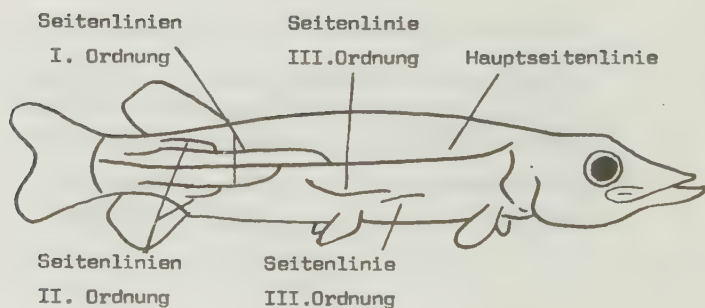
M = Muskulatur

Sch = Schleimhaut

Skizze Nr. 9 : Seitenlinien - Stadium Nr. 5 -
(Alter : 64 Tage)



A) linke Seite



B) rechte Seite

Stadium 6 (Alter : 80 Tage)

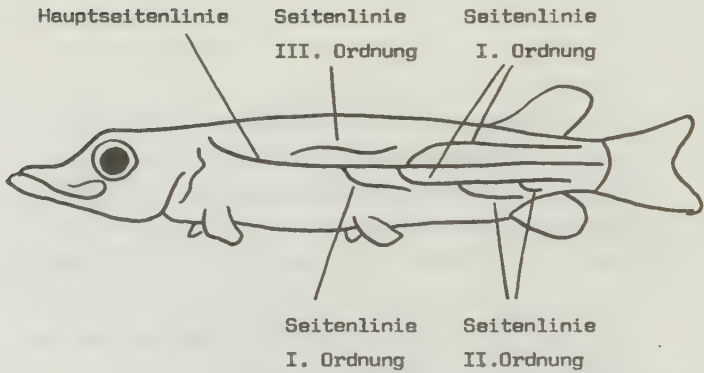
Dieses Stadium wurde untersucht am 2. Juli 1972. Der Hecht hatte die Länge von 32 mm und hatte in diesem Stadium bereits die morphologische Gestalt eines erwachsenen Fisches, d.h. ab dieser Größe war nur noch eine Vergrößerung der Organe zu erwarten.

Entsprechend war auch die Seitenlinie gänzlich entwickelt, wobei Seitenlinien I. Ordnung als röhrenförmig ausgebildete Organe auftraten.

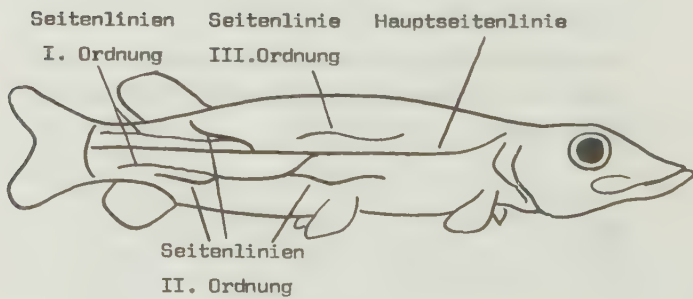
Beim Verlauf der Seitenlinien kann festgestellt werden, daß vor allem im Bereich dorsal der Hauptseitenlinie Unregelmäßigkeiten in der Seitenlinienverzweigung bestehen. (s. Skizze Nr. 10).

In dieser Endstufe der Entwicklung finden wir eine deutliche Verzweigung der Seitenlinie im hinteren Körperviertel.

Skizze Nr. 10 : Seitenlinien - Stadium Nr. 6 -
(Alter : 80 Tage)



A) linke Seite



B) rechte Seite

b) Schwanzabschnitt :

Eine Besonderheit der Hauptseitenlinie des Hechtes besteht darin, daß sich diese Seitenlinie beim Junghecht bis in den dorsalen Ansatz der Schwanzwurzel hinzieht.

Bei dem in Abb. 6 sichtbaren, dunklen, doppelt konturierten Gebilde handelt es sich um die letzten Wirbel des Skeletts.

Es wurden insgesamt von 5 Wachstumsstadien Hechte untersucht und zwar 3, 13, 27, 37 und 61 Tage nach dem Schlupfdatum.

Die Hechte wurden zuerst auf einem Objektträger bei 20 - 40 facher Vergrößerung beobachtet.

Hierbei kamen etwa 750 Exemplare zur Untersuchung.

Anschließend wurden von allen 5 untersuchten Wachstumsstadien Serienschritte hergestellt, wobei der Paraffineinbettung der Vorzug gegeben wurde. Die Färbung erfolgte mit Hämatoxylin und Eosin. Die Schnittdicke betrug 15 μ m.

Es fielen bei der Beobachtung vor allem zwei Besonderheiten auf:

1.) Bis etwa zum 15. Lebenstag nach dem Schlupf stellt die Seitenlinie im Schwanzteil eine direkte Verlängerung des Hauptkanales der Rumpfseitenlinie dar.

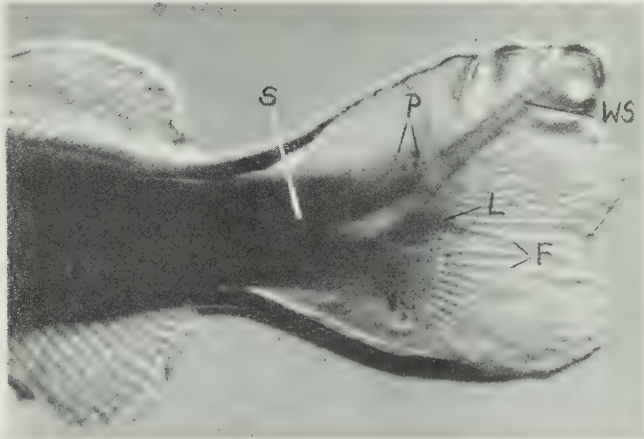
Ab etwa dem 30. Lebenstag nach dem Schlupfdatum endet jedoch diese Seitenlinienausbildung in der Schwanzflosse blind an der sich inzwischen bildenden Schwanzwurzel.

Auf Abb. 6 ist deutlich die bis in die dorsale Schwanzwurzel und darüber hinaus bis in die Schwanzspitze verlängerte Wirbelsäule - hier in ihrem knorpeligen Stadium - zu erkennen.

2.) Während der Zeit vom Schlupf bis etwa zum 25. Lebenstag vergrößert sich das Lumen dieses röhrenförmigen Organs, nimmt jedoch von diesem Zeitpunkt an bis zum völligen Verschwinden mit etwa dem 60. - 70. Lebenstag nach dem Schlupfdatum im Volumen immer mehr ab.

Abb. 6 zeigt die Schwanzflosse in der Aufsicht bei einem 37 Tage alten Hecht.

Abb. 6 : Schwanzflosse des Junghechtes in der Aufsicht.
[Alter : 37 Tage]



Erklärung zu Abbildung 6 :

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| F = Flossenstrahlen | S = Seitenlinie, die in Höhe des |
| L = Lymphherz | Knickes endet und sich in die- |
| P = Pigmente | sem Abschnitt bei der Aufsicht |
| | mit der Wirbelsäule deckt. |
| | WS = Wirbelsäule |

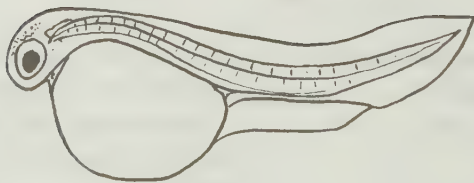
VII. Zusammenfassung der morphologischen Befunde.

In den folgenden Skizzen ist versucht worden, zusammenfassend die morphologischen Befunde in den verschiedenen Altersstufen darzustellen.

Hierbei zeigt sich eine zunächst zunehmende Tendenz zur Entwicklung von Seitenästen der Seitenlinie, die etwa ab dem 64. Tag stagniert.

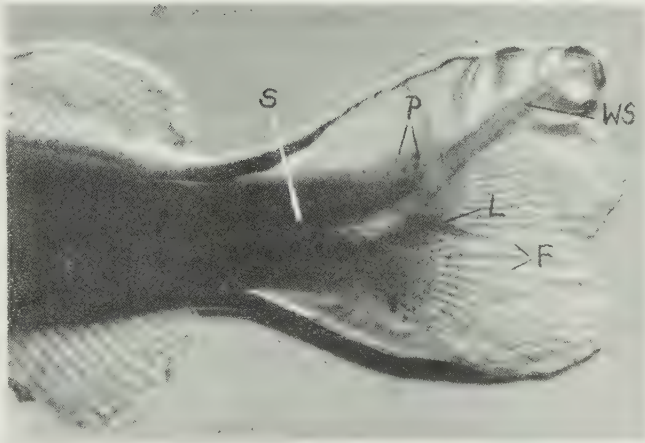
a.) Stadium 1

3 Tage



In diesem Stadium ist noch keine Seitenlinie ausgebildet.

Abb. 6 : Schwanzflosse des Junghechtes in der Aufsicht.
(Alter : 37 Tage)



Erklärung zu Abbildung 6 :

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| F = Flossenstrahlen | S = Seitenlinie, die in Höhe des |
| L = Lymphherz | Knickes endet und sich in die- |
| P = Pigmente | sem Abschnitt bei der Aufsicht |
| | mit der Wirbelsäule deckt. |
| | WS = Wirbelsäule |

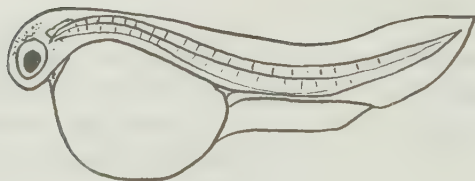
VII. Zusammenfassung der morphologischen Befunde.

In den folgenden Skizzen ist versucht worden, zusammenfassend die morphologischen Befunde in den verschiedenen Altersstufen darzustellen.

Hierbei zeigt sich eine zunächst zunehmende Tendenz zur Entwicklung von Seitenästen der Seitenlinie, die etwa ab dem 64. Tag stagniert.

a.) Stadium 1

3 Tage

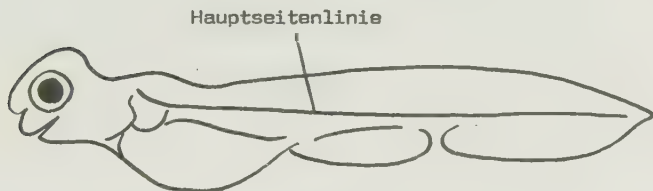


In diesem Stadium ist noch keine Seitenlinie ausgebildet.

b.) Stadium 2 (Alter : 13 Tage)

Am 26. April 1972 wurden die Hechte in Formol fixiert, ihr Alter betrug 13 Tage. Die Hechte hatten eine Länge von durchschnittlich 8 Millimeter.

In diesem Alter war nur die Hauptseitenlinie ausgebildet, bei der sich in diesem Stadium die rechte und linke Seite entsprachen.

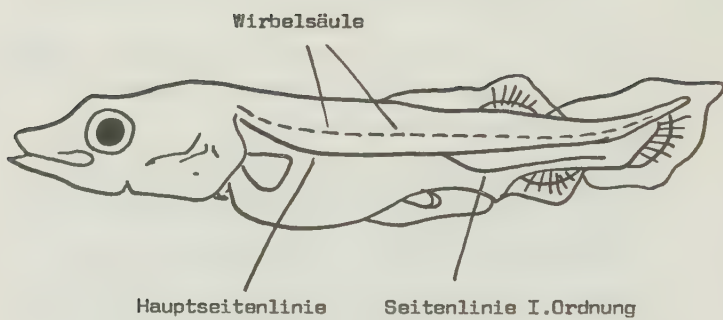


re. und li. Seite in diesem Stadium gleichwertig.

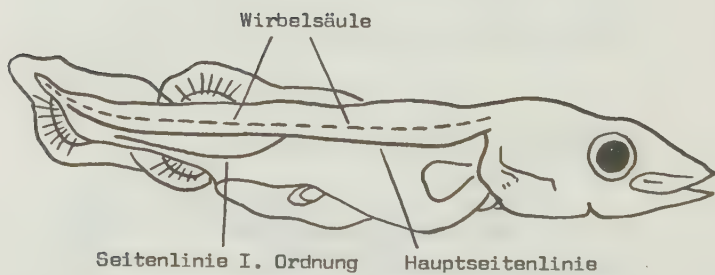
c.) Stadium 3 (Alter : 27 Tage)

Mit einem Alter von 27 Tagen wurde am 10. Mai 1972 die nächste Wachstumsstufe untersucht. Die Hechte waren nun schwimmfähig - ihre Länge betrug im Durchschnitt 14 Millimeter.

Neben der Hauptseitenlinie waren zum ersten Mal Seitenlinien I. Ordnung ausgebildet.



A.) linke Seite



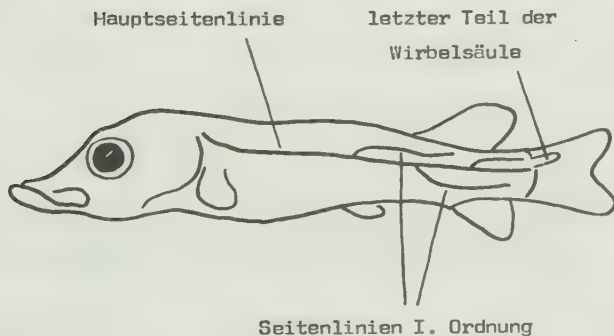
B.) rechte Seite

d.) Stadium 4 (Alter : 40 Tage)

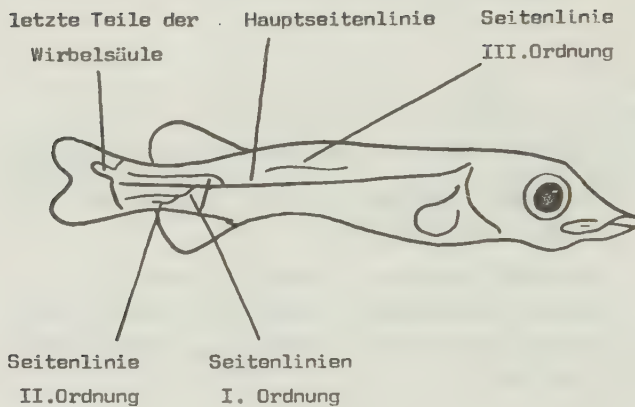
Am 23. Mai 1972 wurde das Stadium Nr. 4 untersucht.

Die Hechte hatten eine Länge von 19 Millimeter, die
Schnittdicke betrug 10 μ m.

Zum ersten Mal waren in diesem Stadium Seitenlinien
II. und III. Ordnung zu erkennen. Vor allem caudal
der Bauchflossen waren Verzweigungen der Seitenlinie
ausgebildet.



A) linke Seite



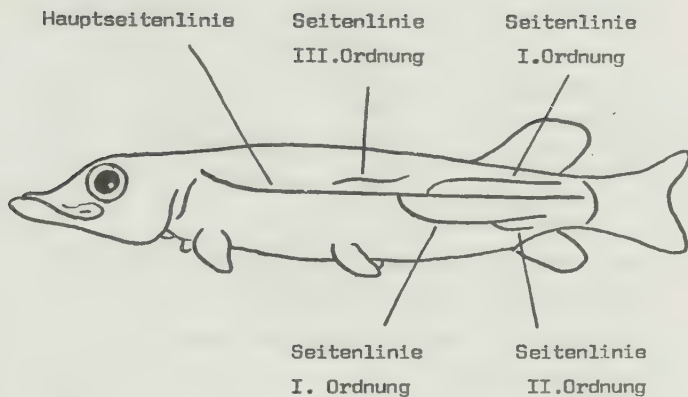
B) rechte Seite

e.) Stadium 5 (Alter : 64 Tage)

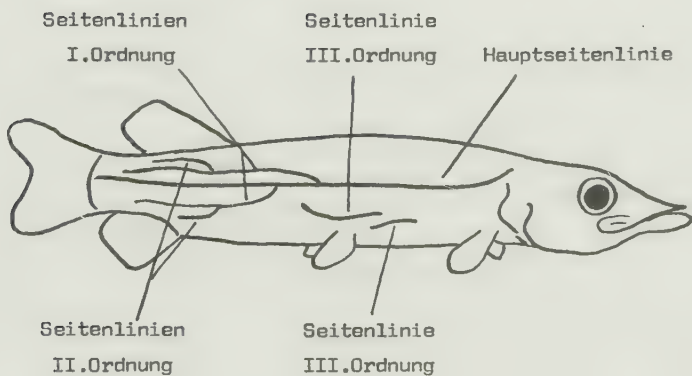
Ein 2 Monate alter Hecht wurde am 16. Juni 1972 fixiert und mit einer Dicke von $20\mu\text{m}$ quer geschnitten.

Der Hecht hatte die gestreckte Form eines erwachsenen Fisches und war imstande, Forellenbrut zu erbeuten.

Die Hauptseitenlinie war zu einem Rohr ausgebildet.



A) linke Seite



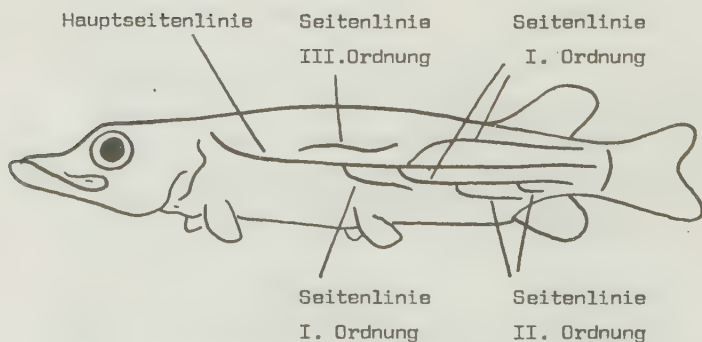
B) rechte Seite

f.) Stadium 6 (Alter : 80 Tage)

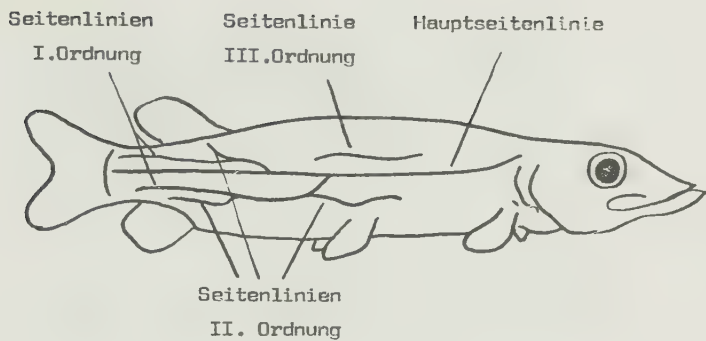
Mit einem Alter von 80 Tagen wurde die letzte Probe am 2. Juli 1972 in Formol fixiert.

Der Hecht hatte die morphologische Gestalt eines erwachsenen Fisches.

Neben der Hauptseitenlinie waren nun auch die Seitenlinien I. Ordnung zu röhrenförmigen Organen ausgebildet.



A) linke Seite



B) rechte Seite

D. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

- 1.) Bezüglich der Entwicklungstendenz der Seitenlinien konnte folgendes festgelegt werden: Primär wird stets eine Hauptseitenlinie zunächst noch ohne jegliche Abzweigung gebildet.

Erst im Laufe der Entwicklung entstehen weitere Seitenlinien.

- 2.) Abweichungen im Verlauf der Seitenlinien, wie sie durch die Verbindung der einzelnen ausgemessenen Punkte gegeben waren, blieben unberücksichtigt, soweit sie $10\text{ }\mu\text{m}$ Gesamtabweichung nicht über- oder unterschritten.

Der Verlauf der Linien wurde im Grenzbereich der Abweichungen abgerundet.

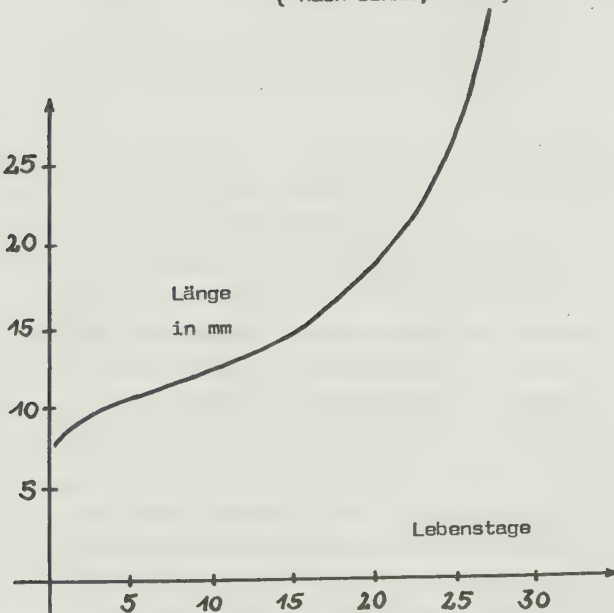
- 3.) Das Hechtwachstum erforderte ebenfalls Berücksichtigung bei der Beurteilung der Seitenlinienveränderungen.

Das Wachstum der Hechte innerhalb der ersten 30 Lebenstage wurde von CIHAR in einer Kurve verdeutlicht. (CIHAR, 1955).

s. Skizze Nr. 11:

Skizze Nr. 11 : Wachstumskurve des Junghechtes.

(nach CIHAR, 1955)



Dieser Kurve zufolge stellt das Wachstum keine lineare Gerade, sondern eine zunehmend ansteigende Linie dar. Dies bedeutet, daß auch die Entwicklung der Seitenlinie keine einheitlichen Werte in der Zeiteinheit liefern kann.

Die Entwicklung der Seitenlinie geht demzufolge etwa in den ersten 15 Tagen relativ gleichmäßig vor sich, während sie dann sprunghaft ansteigt, eine Gegebenheit, die sich anhand der histologischen Schnitte ebenfalls klar darlegen läßt.

- 4.) Schließlich muß noch darauf hingewiesen werden, daß die relativ geringe Zahl der geschnittenen Seitenlinien keinen Anspruch auf statistisch auswertbare Daten darstellen kann.

Es war mehr auf die Möglichkeit Wert gelegt worden, mit Hilfe eines Meßsystems die Seitenlinie genau in ihrem Verlauf und gleichzeitig in ihrer Form aufzuzeigen.

Auch die Darstellungen der Seitenlinien bei Junghechten in dieser Arbeit sprechen nicht dafür, daß man diese Verlaufsformen als grundlegend für weitere Seitenlinienausbildungen bei Junghechten ansehen kann. Dazu ist die Variationsbreite der Seitenlinienausbildungen zu groß und die Anzahl der untersuchten Linien zu gering.

- 5.) Aus den Untersuchungen geht hervor, daß das Seitenliniensystem beim Hecht früh die Tendenz zeigt, Verzweigungen und Parallelorgane zu entwickeln. Die Tatsache, daß diese Entwicklung mit drei Monaten aufhört, läßt den Schluß zu, daß das Merkmal der Vielfachbildung der Seitenlinie ein primitives Merkmal darstellt.

Darauf deutet auch, daß die ersten Anlagen stets offene Rinnen sind, die bei gewissen Seitenliniensystemen nicht über dieses Stadium hinauskommen.

Die Aufzweigung manifestiert sich vorwiegend im hinteren Abschnitt des Körpers, der bei Fischen der phylogenetisch stabilere ist.

Auf diese Primitivität deutet übrigens auch die heterozerke Schwanzflosse des Jugendstadiums hin, die später homozerk wird.

Die Ergebnisse der Arbeit bestätigen also die Vermutung, daß die Entwicklung einer einzigen kanalartigen Seitenlinie ein fortgeschrittenes Merkmal der Fische (Knochenfische) darstellt.

Für diese Besonderheit des Hechtes ist vielleicht die spezielle Lebensweise (stehender Räuber) verantwortlich zu machen.

Es wäre das Ziel weiterer Arbeiten, anhand einer Anzahl von Serienschnitten jeweils aus einzelnen Wachstumsstadien zu untersuchen, ob Gemeinsamkeiten in der Seitenlinienanbildung generell bestehen.

In dieser Arbeit ging es mehr darum, die Variationen und Anbildungsmöglichkeiten der Seitenlinien beim Junghecht anzuschneiden.

E. ZUSAMMENFASSUNG

- 1.) Während der ersten Hälfte der Dottersackperiode, also innerhalb der ersten 8- 10 Tage nach dem Schlüpfen ist keine Seitenlinie angebildet. Während dieser Entwicklungsperiode haften die jungen Hechte mit ihren Saugmäulern an Wasserpflanzen. Sie ernähren sich ausschließlich vom Inhalt des Dottersackes.
- 2.) Am Anfang der Seitenlinienentwicklung beim Hecht steht die Ausbildung einer Hauptseitenlinie. Bei ihr ist die Ausbildung zu einem röhrenförmigen Organ zuerst geschlossen. Erst dann folgen in chronologischer Reihenfolge mit der Entwicklung die Abzweigungen der Hauptseitenlinie, Seitenlinien I. Ordnung, dann die Abzweigungen von diesen, Seitenlinien II. Ordnung und später isolierte Systeme, Seitenlinien III. Ordnung.

Aufzweigungen im hinteren Körperabschnitt stellen ein primitives Merkmal dar, da der hintere Körperabschnitt phylogenetisch stabiler ist.

- 3.) Zunächst wird die Hauptseitenlinie ausgebildet, die am dorsalen Rand des Kiemendeckels beginnt und waagrecht im dorsalen Drittel der seitlichen Körperfläche bis zur Mitte der Schwanzwurzel verläuft.
Erst später entwickeln sich Seitenlinien I. Ordnung mit ihren Abzweigungen sowohl dorsal als auch ventral der Hauptseitenlinie.
- 4.) Es besteht keine Spiegelbildlichkeit in der Ausbildung der Seitenlinien auf beiden Körperseiten eines Fisches. Nur der Verlauf der Hauptseitenlinie sowie jener der Seitenlinien I. Ordnung ist auf beiden Körperflächen identisch. Unterschiede im Verlauf der Seitenlinien bestehen bei allen anderen Seitenlinienbildungen, besonders bei den Seitenlinien II. Ordnung.

- 5.) Seitenlinien II. Ordnung häufen sich in der Schwanzgegend speziell in Höhe der Bauchflossen.

Seitenlinien I. und II. Ordnung überwiegen im Bereich ventral der Hauptseitenlinie gegenüber denen dorsal dieser Linie. Die hauptsächlichste Zahl der Seitenlinien I. Ordnung entspringt den Hauptseitenlinien direkt. Es existieren aber auch Seitenlinien I. Ordnung, die ihren Ursprung nicht in der Hauptseitenlinie nehmen, sondern in einem gewissen Abstand.

- 6.) Die Hauptseitenlinie setzt sich beim Junghecht bis in die Schwanzwurzel fort.

Es handelt sich dabei um eine zeitlich begrenzte Verlängerung des Seitenlinienorgans, das sich bis etwa zum 15. Tag nach dem Schlüpfen anbildet und bis zu dieser Zeit eine direkte Verlängerung der Hauptseitenlinie darstellt. Vom etwa 15. - 20. Tag an vergrößert sich dieses Organ im Schwanz bis etwa zum 30. Lebenstag. Von diesem Zeitpunkt an bildet sich jener Teil der Seitenlinie ständig bis etwa zu einem Alter von 2 1/2 Monaten zurück .

- 7.) Das verzweigte Seitenliniensystem des Junghechtes muß aufgrund der Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen als primitives Merkmal gewertet werden. Im Zusammenhang mit anderen primitiven Merkmalen (heterozerke Schwanzflosse des Junghechtes, undifferenzierte Schwimmblase usw.) bildet die Entwicklung des Seitenliniensystemes einen Beweis dafür, daß die Esocidae zu den ursprünglicheren Knochenfischen (Osteichthyes) zu zählen sind.

S U M M A R Y

- 1.) During the first half of the yolk-sac-period, about within the first 8 - 10 days after hatching, no lateral-line is formed. It seems to be logical, because during that period of development the young pikes hang with their suck-mouthes at water-plants. They live exclusively of the contents of the yolk-sac.

- 2.) The formation of the lateral-line is to be found at the beginning of the development of lateral lines. During this development first of all the formation of the lateral-line to a tubeformed organ is finished. Only then follow in chronological succession with the development the branches of the main lateral-line, lateral-lines of first order, then the branches of these, lateral-lines of second order.

Ramifications in the back body section are a primitive mark , because the back body section is phylogeneticall more stable.

- 3.) First of all the main lateral-system, which begins at the dorsal border of the operculum is formed - it takes a horizontal course in the dorsal third of the lateral body-surface til the middle of the tailroot.

Only later develop the lateral-lines of first order with their branches as dorsal as ventral to the main lateral-line.

- 4.) There is no reflected figuration in the formation of lateral-lines on both bodysides of a fish. Only the course of the main lateral-line so as that of the lateral-lines of first order is identical on both body - plains. Differences in the course of the lateral-lines exist in the formations of all the other lateral-lines, especially by the lateral-lines of second order.

- 5.) Lateral-lines of second order accumulate in the tail region especially on a level with the belly fin.

Lateral-lines of first and second order preponderate in the region ventral of the main lateral-line to those dorsal of this line. The principal number of the lateral-lines of first order arise directly from the main lateral-lines. But there are also lateral-lines of first order, which don't have their origin in the main lateral-line.

- 6.) The main lateral-line of the young pike continues till the tailroot.

It is a temporal limited formation of the lateral-line organ, which is built almost till the 15. day after hatching and which builds till this time a direct prolongation of the main lateral-line. From about the 15. - 20. day this organ in the tail enlarges until about to the 30. day of live. After that moment this part of the lateral-line always diminishes until about to an age of 2 1/2 month.

- 7.) The ramificated lateral-line system of the young pike has to be considered as a primitive mark based on the results of morphological examinations. In connection with other primitive marks (heterocerc tail-fin of the young pike, undifferentenced air-bladder etc.) the developement of the lateral-line system is a proof, that the ESOCIDAE must be counted to the original bone-fishes (OSTEOICHTHYES).

F. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- ALLIS, E. P. " The latero-sensory Canals and
related Bones in Fishes. "
Monatsschrift f. Anatomie 21, 401-
496, 1905
- BÜTSCHLI, O " Vorlesungen über vergleichende
Anatomie."
Springer, Berlin 1921
- CIHAR, JIRI " Contribution to the knowledge of
early development of the pike."
(*Esox lucius*)
Universitas Carolina, Biologica
Vol2, Nr. 1, 1 - 12, 1956
- DYKGRAAF, S. " Untersuchungen über die Funktion
der Seitenorgane an Fischen. "
Zeitschrift f. vergleichende Physio-
logie, 20, 162 - 214, 1933
- DYKGRAAF, S. " Über die Reizung des Ferntastsinns
bei Fischen und Amphibien."
Experientia, 3, 206 - 208, 1947
- DYKGRAAF, S. " Bau und Funktion der Seitenorgane
und der Ohrlabyrinths bei Fischen."
Experientia, 8 , 205 - 216, 1952

- FLOCK, R. " The Lateral Line Organ Mechanoreceptors.
In Hoar, W. S. G. Randall, D.J. "
Fish Physiology, Vol. V(8), 241 - 263,
1971
- FRISCH, K.v. und " Untersuchungen über den Sitz des
STETTER, H. Gehörsinns der Ellritze."
Zeitschrift f. vergleichende Physiologie, 17, 686 - 801, 1932
- GEYER, F. " Abnorme Seitenlinien bei Fischen."
Zeitschrift f. Fischerei und deren
Hilfswissenschaften, N.F. Bd. XXXVIII,
Heft 2, 1940
- GRAU, H. und " Grundriss der Histologie und ver-
WALTER, P. gleichenden mikroskop. Anatomie der
Haussäugetiere."
Paul Parey Verlag, Berlin, 1967
- HARDER, W. " Anatomie der Fische " in R. DEMOLL
und H.N. MAIER. Handbuch der Binnen-
fischerei Mitteleuropas. Band II.
Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
Stuttgart, 1964
- HARTMANN, G. L. " Helvetische Ichthyologie oder aus-
führliche Naturgeschichte der in der
Schweiz sich vorfindenden Fische."
Zürich bey Ovell, FÜßli und Co.
1827

- HEUSCHMANN, O. " Die Hechtartigen. "
Handbuch der Binnenfischerei Mittel-
europas, Band III,
Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung,
Stuttgart, 1957.
- HOFER, B. " Die Funktion der Seitenorgane bei
den Fischen. "
Bericht kgl. bayer. Biol. Versuchs-
station in München, 1, 115 - 164,
1908.
- KRAUSE, R. " Mikroskopische Anatomie der Wirbel-
tiere in Einzeldarstellungen." "
Walter de Gruyter u. Co.
Berlin u. Leipzig, 1923.
- LEE, Fr. S. " Functions of the Ear and Lateral
line in fishes." "
The American Journal of Physiol.
Bd. 1, pag. 139, 1898.
- LEYDIG, F. " Über die Schleimkanäle der Knochen-
fische." "
Müllers Archiv f. Anatomie, Physiologie
und wissenschaftliche Med., 170 - 180,
1850.

- LILLELUND, K. " Versuche zur Anfütterung von Ma-
ränen- und Hechtbrut."
Kurze Mitteilungen aus dem Institut
f. Fischereibiologie der Universität
Hamburg, Heft 6, 1956
- LINDROTH, A " GÄDDANS BEFRUKTNINGSOCH UTVECKLINGS-
BIOLOGIE SAMT GÄDDKLÄCKNING I GLAS."
Mitteilungen der Anstalt für Binnen-
fischerei. Drottningholm, Stockholm,
Nr. 24, 1946.
- PEHRSON, T. " The development of the latero-sensory
canal bones in the skull of *Esox*
lucius."
Acta Zoologica Bd. XXV, 135 - 157,
1944.
- POPOVICI, Z. " Untersuchungen über die Seitenlinie
der Knochenfische."
Jena. Zeitschrift f. Naturwissen-
schaften, 65, 1 - 244 , 1930.
- REICHENBACH - KLINKE " Grundzüge der Fischkunde."
H.H. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart,
94, 1970.

- ROMEIS, B. " Mikroskopische Technik."
Oldenburg - Verlag, München - Wien.
16. Auflage, 1968.
- SCHINDLER, O. "Einiges über Entwicklung, Lebens-
gewohnheiten und Zucht des Hechtes."
Allgemeine Fischereizeitung.
71. Jahrgang, 1946.
- SCHULZE, F. E. " Über die Sinnesorgane der Seiten-
linie bei Fischen und Amphibien."
Archiv für mikroskopische Anatomie,
Bd. 6 , 62, 88, 1870
- SOLGER, B. " Über die Seitenorgane der Fische."
Leopoldina Heft XIV, Nr. 9 - 10,
74 - 80, 1878. a.
- SOLGER, B. " Neue Untersuchungen zur Anatomie
der Seitenorgane der Fische III.
Die Seitenorgane der Knochenfische."
Archiv f. mikroskop. Anatomie, 18,
364 - 390 , 1878. b.
- SUWOROW, J. K. " Allgemeine Fischkunde."
VEB Deutscher Verlag der Wissen-
schaften,
Berlin, 1959.

WALTER, E.

" Der Hecht. Seine wirtschaftliche Bedeutung in unseren Gewässern und seine Vermehrung."

Verlag von Neumann - Neudamm
6, 1921.

WOELLWARTH, C. v.

" Über die Beziehungen der Seitensinnesorgane der Fische zum Nervensystem."

Zeitschrift f. vergleichende Physiologie, 20, 215 - 250, 1933.

WUNDER, W. und
CAPELLER, E.

" Die verschiedene Ausbildung der Seitenlinie in der Rumpfgegend beim Karpfen und ihre Beziehung zur Ausbildung der Wirbelsäule."

Zoologische Anzeiger, Bd. 150,
Heft 7/8, 1953.

LEBENS LAUF

Am 23. Januar 1945 wurde ich, Jürgen Bader, als Sohn des Facharztes für Chirurgie, Dr. Helmuth Bader und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Peschla, in Bad Flinsberg, Schlesien geboren.

Nach vierjähriger Volksschulzeit besuchte ich von 1955 bis 1958 das Humanistische Gymnasium St. Stephan in Augsburg.

Durch einen Wohnungswechsel meiner Eltern nach Kempten schloß ich meine Schulbildung am Carl von Linde Gymnasium in Kempten im Sommer 1966 mit dem Abitur ab.

Nach 15 Monaten Wehrdienst begann ich im Sommersemester 1968 an der Freien Universität Berlin das Studium der Veterinärmedizin.

Mit Beginn des klinischen Studiums wechselte ich an die Universität München, wo ich im Sommer 1973 mein veterinärmedizinisches Studium mit dem Staatsexamen abschloß.

Am 31. Januar 1974 erhielt ich meine Bestallung als Tierarzt.

Seit dem 18. Mai 1972 bin ich verheiratet.

Bader, Jürgen

